ESPOSIZIONE DI
MILANO 1906
IL TUNNEL DEL
SEMPIONE

ESPOSIZIONE INTERNAZIONALE
MILANO - MCMVI

IL SEMPIONE

E IL

Padiglione del Sempione

NOTE ESPLICATIVE

G. MODIANO E C. - MILANO

IL SEMPIONE

I.

Già prima del traforo del Cenisio, cioè sin dal 1851 venne posta e discussa presso il Governo Sardo l'idea di una ferrovia attraverso il Sempione. Ma fra tutti i valichi alpini esaminati, fu preferito, nel 1853, il traforo del Fréjus, che fu poi chiamato impropriamente del Moncenisio. I lavori iniziati nel 1857 vennero terminati nel 1871.

Le perforatrici impiegate al tunnel del Cenisio (lungo 12233 m.), furono quelle denominate Sommellier, dal nome dell'illustre ingegnere savoiardo.

1. - Imbocco delle due Gallerie del Sempione (lato di Isella).

Queste perforatrici di cui un campione è messo in mostra nella prima delle sale centrali tra i due tunnel dell'Esposizione, funzionava a percussione, cioè come uno scalpello battuto dalla mazza. Enormi meccanismi a caduta d'acqua, comprimevano

dell'aria, la quale agiva su uno stantuffo di trasmissione del movimento di va e vieni alle barramine.

Tutto l'impianto meccanico del Cenisio, venne perfezionato al Gottardo (lungo 14884 m.), ove nel 1872 si iniziarono e nel 1881 si terminarono i lavori, impiegando come esplosivo la dinamite, mentre al Cenisio s'era fatto uso di polvere pirica nera, il che costituì un grande progresso. Così, invece di quattordici anni, come al Cenisio, se ne impiegarono solo nove, malgrado i 2500 m. di maggior lunghezza.

Sebbene il traforo del Sempione avesse ceduto il passo anche a quello del Gottardo; i suoi fautori, specialmente nella Svizzera Romancia, non si perdettero però d'animo e ne perorarono a lungo l'esecuzione. Fu sopratutto per opera della Compagnia Ferroviaria del Giura - Sempione che gli studi di questa linea internazionale arrivarono ad una conclusione tecnica e finanziaria, concretata il 15 aprile 1898 col contratto a *forfait* tra questa società e l'impresa svizzero-tedesca Brandt, Brandau e C.

2. - Le armature nel cunicolo di base
(Sono riprodotte all'Esposizione alle tratte 14 e 16).

Non ricorderemo tutti i vari progetti ferroviari attraverso il massiccio del Sempione, da quando il conte Adriano de la Vallette, nel 1856, costituiva la *Compagnie du Chemin de Fer de la ligne d'Italie par la Vallée du Rhône,* la quale ebbe triste fine, sino a quello che fu di fatto eseguito, detto del 1893. Alcuni di tali progetti portavano il tracciato ad altitudini non compatibili con un esercizio sicuro e costante. Altri suggerivano espedienti poco pratici. Il primo progetto che avesse una lunga galleria di base comparve nel 1860, autore l'Ing. Vauthier. Ne seguirono molti altri per opera dei signori Lommel, Stockalper, Favre e Ch. Mayer, Dumur, con gallerie di culmine dai 15 ai 20 chm.

Ma come in tutte le grandi imprese internazionali, più del problema tecnico era di difficile soluzione quello finanziario

e politico. Il governo italiano aveva posto come condizione essenziale che il tunnel si trovasse a cavalcioni del confine. Dopo lunghe trattative, il 25 Novembre 1895, si firmava a Berna il trattato per la costruzione della ferrovia Domodossola-Briga. Il Governo Svizzero si impegnava di assicurare costruzione ed esercizio sino alla stazione di Isella, ed il nostro, costruzione ed esercizio del tronco Domodossola-Isella

3. - Le armature nella calotta del tunnel.
(Sono riprodotte all'Esposizione alle tratte 5 e 11).

Nel febbraio del 1896 si firmarono a Roma la convenzione ed il capitolato d' oneri e così la costruzione della ferrovia fu assicurata. In seguito, quando già i lavori del tunnel erano iniziati, il nostro Governo incaricava la Mediterranea di costruire il tronco Domodossola-Isella (chm. 18.500) per un *forfait* di circa 15 milioni di lire, ed il tronco Domodossola-Arona (chm. 55) per lire 28.350 000. A queste linee si aggiunse poi la Santhià - Borgomanero - Arona (chm. 60) preventivata lire 17.350.000, ma che costò assai più, pel miglioramento delle comunicazioni di Torino col Sempione. L'Italia spese perciò nei soli accessi oltre 60 milioni.

Il concorso finanziario del Governo svizzero pel tunnel fu di 4.500.000 franchi; quello dei cantoni, comuni ed enti interessati ammontò a 10.000.000.

Il Governo italiano si obbligò a corrispondere alla Svizzera per il tronco Isella-confine una sovvenzione annua di L. 600.000, pari a L. 3.000 al chilometro e per la durata di 99 anni, a cominciare dal giorno dell'apertura dell'esercizio, con diritto a riscatto dopo 15 anni, dietro rimborso dell'integrale costo della costruzione, dedotto il capitale corrispondente alle sovvenzioni versate dall'Italia. Facendo invece il riscatto dopo 30 anni dovrà essere dedotto tutto il capitale sottoscritto.

L' esercizio della Isella-Domodossola verrà fatto dalla Svizzera con rimborso da parte dell'Italia delle spese inerenti.

L'Italia, che dovette spendere per le linee di accesso quasi

più di quanto la Svizzera destinò per il gran tunnel, contribuì anche col concorso di diversi enti interessati, per circa 4 milioni di lire: cospicuo sopratutto quello di Milano.

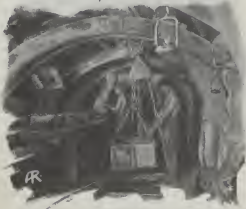
La ferrovia che unisce il Verbano al Vallese ha un solo binario, ma tutte le principali opere d'arte delle linee di accesso, quali gallerie e ponti, furono eseguite in modo da poter ricevere il secondo binario quando il traffico lo richiederà. Quanto al gran tunnel vedremo in seguito come si sia provvisto Grandiosi, oltre ogni dire, sono gli impianti delle stazioni di Arona e Domodossola.

Le materie esplodenti ed i loro accessori adoperati nei lavori di costruzione sul versante italiano furono esenti sia dai diritti d'entrata che dall'imposta di fabbricazione; a parità di condizioni dovevansi preferire i prodotti dell'industria nazionale. Questa difatti fornì ben 800 tonnellate di dinamite di cui la maggior parte del dinamitificio di Villafranca di Lunigiana.

II.

Il tunnel attraversa il massiccio del Sempione, e precisamente le viscere del Monte Leone in direzione da sud-est a nord-ovest. L'imbocco italiano è situato nella valle della Diveria a 633 m. sul livello del mare. Quello svizzero nell' Alto Vallese, a circa 2 chm. a monte di Briga, è un po' più alto, a 686 m. La pendenza sul nostro versante è del 7 $^0/_{00}$, dal lato svizzero è solo del 2 $^0/_{00}$. Il punto culminante, che dista 9570 m. dall'imbocco di Briga, tocca i 705 metri sul mare. Ricordiamo che il Cenisio raggiunge 1295 metri, il Gottardo 1154 e la ferrovia del Brennero 1367, dimodochè il Sempione si trova in condizioni ottime per la rapidità e l'economia del traffico. Per contro lo spessore del monte sovrastante e laterale è maggiore al Sempione: in media esso è di 2000 m., mentre che al Gottardo al massimo è di 1700 ed al Cenisio di 1650 metri.

4. - Le armature del cunicolo di base rotte dalle pressioni del monte.

La costruzione del tunnel venne dalla Giura-Sempione affidata all'impresa Brandt, Brandau e C. composta dalle ditte Brandt e Brandau di Amburgo, Locher e C. di Zurigo, fratelli Sulzer di Winterthur e Banca di Winterthur. Il contratto stipulato per la somma a corpo di 54 milioni e mezzo, per la costruzione del tunnel I, e di 15 milioni per il compimento del tunnel II, lasciava l'impresa libera di condurre i lavori nel modo ch'essa credeva migliore, purchè fossero ultimati entro 5 anni e mezzo dalla metà del novembre 1898. In corso di lavoro però la somma venne aumentata di 4 milioni circa per il tunnel I, e di 4 milioni e mezzo per il tunnel II, e fu concessa una proroga di circa due anni, dovuta a gravissime difficoltà impreviste, che dimostrarono ancora una volta come la conoscenza geologica delle grandi profondità sia sempre piena d'incertezze.

5 - **Le centine della muratura della vôlta.**
(Sono riprodotte all'Esposizione alla tratta 2).

Per comprendere come furono condotti i lavori dobbiamo fermarci alquanto sul progetto che reca una novità estremamente originale nell'arte del perforare le lunghissime gallerie. In luogo di forare una sola galleria a due binari, se ne proposero due più piccole, a un solo binario, parallele, distanti fra loro da asse ad asse 17 metri. L'una detta N. I (quella a destra di chi guarda l'imbocco di Isella), venne costruita subito in piena sezione e completamente rivestita con muratura per essere tosto data all'esercizio; l'altra, detta N. II, è soltanto scavata in piccola sezione (8 mq.) e verrà allargata quando il traffico renderà necessaria la posa del secondo binario su tutta la linea del Sempione.

A prima vista pare strano che possa convenire il fare due gallerie invece di una. Nel fatto questa, che fu dapprincipio ritenuta la soluzione più economica, fu altresì quella cui si deve se lo scavo, malgrado le eccezionali difficoltà, fu potuto portare felicemente a termine.

La prima ragione di questo singolare sistema fu che il ventilare un lungo e profondo sotterraneo, quale quello del Sempione, costituiva la parte più difficile del problema da risolvere. Una triste esperienza si fece al Gottardo, ove molte malattie avevano decimati gli operai per l'alta temperatura, dovuta ad una insufficiente ventilazione sebbene là il massimo caldo raggiunto dalla roccia sia stato solo di 31 gradi.

6. - **Lo scavo in calotta.**

(Si vedono riprodotti all'Esposizione due casi caratteristici di scavo in calotta, uno sul fornello alla tratta 16 e l'altro nella parte spingente superiore alla tratta 20).

Ben più temibile doveva essere il Sempione, nel quale si prevedeva di raggiungere i 40 gradi, che poi effettivamente furono di gran lunga oltrepassati, poichè si toccarono i 56 gradi. Perciò i tecnici erano convinti che l'introduzione dell' aria in galleria mediante un tubo non sarebbe bastata, e quindi si pensò a spingerla in grande quantità all'avanzata col mezzo di una piccola galleria indipendente, scavata parallelamente al tunnel. Questo cunicolo della sezione di 8 mq., avrebbe funzionato come un gran tubo di ventilazione, e nello stesso tempo avrebbe servito come galleria di servizio e come acquedotto per lo scarico delle acque.

7. - **Il trasporto a cavalli nel cunicolo.**

(Si eseguisce nel punto più prossimo alla fronte di avanzata, dove non potevano ancora giungere le locomotive ad aria).

Economicamente poi si otteneva un altro notevole vantaggio, potendosi accelerare di molto i lavori di scavo e rivestimento del tunnel principale e quindi anticiparne la apertura all'esercizio. Infine la sicurezza degli operai veniva a guadagnare assai pel minore ingombro. La galleria gemella si sarebbe poi completata coi proventi del traffico della prima, mettendovi un secondo binario.

Il progetto d'introdurre l'aria in quantità enormi (50 metri cubi al minuto secondo) lungo il cunicolo parallelo messo in comunicazione col tunnel I, mediante le gallerie trasversali scavate ogni 200 m., fu provvidenziale, e salvò il lavoro dalle critiche condizioni in cui si trovò più volte, specialmente quando si attraversarono le sorgenti fredde e le termali. Tale semplice e geniale soluzione vinse le elevate temperature della roccia, diede libero scolo alle acque fredde e calde, semplificò ed accelerò i trasporti dei materiali, cosicchè si può dire senza esagerazione che il vero e principale vincitore del traforo del Sempione fu il tunnel N. II. Grazie sopratutto ad esso la salute degli operai fu sempre ottima, sebbene a ciò abbiano contribuito anche severe prescrizioni igieniche, quali, fra l'altre, l'impianto dei bagni che l'impresa mise a disposizione degli operai. La terribile anemia dei minatori, dovuta ad un parassita dell'intestino, l'ancilostoma duodenale scoperto dal medico milanese Dubini, malattia che al Gottardo fece centinaia di vittime, al Sempione non si conobbe neppure.

8. - Una locomotiva ad aria compressa.

(Queste locomotive facevano servizio nella parte più profonda del tunnel ove il fumo delle locomotive a vapore era insopportabile. Due di esse servono la **Ferrovia dei bambini** all'Esposizione).

Per produrre questa ventilazione così importante, l'aria è aspirata da colossali ventilatori centrifughi a ciascun imbocco, con un impiego complessivo di 1000 cavalli di forza. Il funzionamento del tunnel II, nella ventilazione, è molto semplice e presto compreso. Immaginiamo che siano perforati parallelamente i due tunnel per i primi 200 metri. A questo punto vengono riuniti con un cunicolo trasversale. L'aria è spinta

dai ventilatori nel tunnel II, va fino in fondo, passa per la traversa al tunnel I ed esce dalla bocca di questo. Si perforano altri 200 metri; si fa un'altra congiunzione con una seconda traversa, si chiude la prima con una robusta porta, ed ecco che la corrente dell'aria è costretta a percorrere tutti i quattrocento metri del tunnel II sino al fondo, a passare la seconda traversa; ed a ritornar fuori, percorrendo i quattrocento metri del tunnel I. E così via. In questo modo una gran massa d'aria corrente, così veloce che nella galleria di piccola sezione spegne le lampade a fiamma libera, arriva al cunicolo d'avanzata, ancor pura, ed esce asportando i gas delle mine, il fumo delle locomotive, ecc.

9. - Il raffreddamento dell'aria nel cunicolo del tunnel II.

(L'aria spinta dai ventilatori nel tunnel II, di tratto in tratto veniva rinfrescata con spruzzaglie d'acqua. Questi apparecchi sono esposti a Milano).

Durante l'esercizio del tunnel, la ventilazione, in attesa che il II sia finito, sarà regolata così come ora diremo. Dall'imbocco di Briga si inietteranno nel tunnel I circa 50 m. cubi d'aria al secondo, i quali percorreranno tutto il tunnel I fino ad Isella. Però, là dove si hanno le sorgenti termali, a questa corrente d'aria se ne aggiungerà un'altra di pari forza proveniente dai ventilatori di Isella lungo il tunnel II, che vien fatta passare per mezzo di una traversa in luogo opportuno nel tunnel I. Così la mescolanza raffredderà il più possibile la tratta più calda, compresa fra il chm. 9 e il chm. 16 misurati a partire da Briga.

Quando infine anche il tunnel II sarà allargato in piena sezione, ognuno dei due tunnel sarà ventilato indipendentemente dall'altro, l'uno coll'impianto di Briga, l'altro con quello di Isella. Ad impedire poi che l'aria rigurgiti verso l'uscita più prossima ai ventilatori, invece di avviarsi pel lungo sotterraneo, gl'imbocchi della galleria (dalla parte dell'impianto di ventilazione) sono chiusi, tranne al passaggio dei treni, da un grande telone o portale di stoffa, calato e alzato come una saracinesca, con motorini elettrici od a mano. L'impiego della stoffa è stato suggerito dalla necessità di garantire i treni nel caso di mancato funzionamento delle manovre di apertura, che avvengono pochi istanti prima del passaggio. A mezza distanza dagli imbocchi, per una lunghezza di 500 metri, furono ultimate entrambe le gallerie, le quali sono messe in comunicazione mediante due tratti obliqui con scambi ai binari, in modo da poter dare incrocio ai treni e così aumentare la potenzialità dell'esercizio, in attesa che anche il tunnel II possa funzionare come il N. I. I treni direttissimi percorreranno il tunnel in circa 25 minuti e l'intero percorso Milano - Losanna richiederà meno di sette ore.

III.

I lavori cominciati ai due imbocchi colle più grandi speranze, procedettero sul versante svizzero regolarmente e senza gravi difficoltà sino al punto culminante del tunnel, che venne raggiunto nell'estate del 1903 e quindi in forte anticipo sulla data fissata dal contratto.

Invece sul versante italiano si concentrarono tutte le difficoltà, provocando ritardi talora minacciosi. Anzitutto nei primi quattro chilometri il duro e compatto *gneiss* detto antigorite, resistette all'assalto delle perforatrici e della dinamite in modo superiore al previsto e non permise di avanzare secondo il programma, che era di 5 metri al giorno. Quando poi al

10. - L'accensione delle miccie da mina alla fronte di avanzata.

(Tirate indietro le perforatrici e caricate le mine si accendono le miccie per lo sparo).

chm. 4 circa si uscì dallo *gneiss* per entrare nei calcari, questi presentarono un'altra e peggiore difficoltà, l'irruzione di grandi masse d'acque fredde, talora in getti violentissimi. Si era già allora nell'estate del 1901. La forza ed il volume delle sorgenti fu tale, che arrestò temporaneamente anche la perforazione meccanica ed allagò tutti i cantieri, trascinando seco i materiali e persino i vagoncini, con grave danno di tutto il lavoro (fig. 17).

Gli operai dovevano lavorare coll'acqua sino alle ginocchia, mentre sui loro corpi cadevano vere cataratte, contro le quali a nulla giovavano gli impermeabili e gli stivaloni. Assai più di 1000 litri d'acqua al minuto secondo scorrevano e scorrono tuttora con parziale aumento o diminuzione a seconda delle stagioni. Numerose ipotesi vennero fatte sulla provenienza di queste acque ed i geologi non furono d'accordo nemmeno in questo, e ne nacque un dibattito scientifico molto interessante, ma che certo non asciugò una sola goccia. Molti sostenevano che le sorgenti dovevano col tempo esaurirsi od almeno diminuire, immaginando che provenissero da enormi caverne situate nell'interno del monte. A dispetto di questi scienziati l'acqua scorre sempre, e tutto fa credere che debba continuare, come già accadde al colle di Tenda, al Gottardo e all'Arlberg.

In questo il Cenisio fu più fortunato, perchè, salvò una piccolissima sorgente incontrata sul versante francese, si mantenne completamente asciutto.

Dopo aver lottato colle acque, l'impresa, sul versante italiano s'imbattè in una nuova grande difficoltà, cioè in una breve faglia di terreni decomposti, moventesi strato per strato sotto enormi pressioni, il cui attraversamento sebbene non si trattasse che di 42 metri, richiese ben sette mesi di tempo (novembre 1901 - maggio 1902). Dopo due mesi di prove, che fallirono, perchè tutte le armature si schiacciavano sotto l'inesorabile movimento della roccia, si dovette venire alla determinazione di armare provvisoriamente il cunicolo in questa tratta, con poderosi quadri metallici (fig. 13), che anch'essi subirono notevoli deformazioni ed anche rotture. Più avanti, descrivendo il simulacro di tunnel costruito all'Esposizione, diremo con maggiori dettagli dell'epico e vittorioso combattimento di questa tratta, che tenne a lungo dubbioso il mondo sulla riuscita del grande lavoro.

Seguirono roccie che permisero di guadagnare in parte il tempo perduto nella perforazione, come anidriti, schisti calcari e granatiferi, gneiss diversi, che richiesero robuste murature con archi rovesci, anche nel tunnel II, causa le enormi

pressioni cui erano sottoposte. Le armature in legno si spezzavano (fig. 4) e dovettero essere spesso rinnovate; molte tratte del canale in calcestruzzo del tunnel II si dovettero rifare completamente.

Intanto l'attacco di Briga aveva sorpassato il punto culminante e scendeva verso l'Italia. Malgrado le maggiori difficoltà, sopratutto di scolo dell'acque che si hanno lavorando in contropendenza, si sarebbe potuto, se non si fosse incontrata dell'acqua, avanzare ancora abbastanza rapidamente. Ma presto sgorgarono inaspettate le prime sorgenti termali, le quali inondarono il cunicolo e riscaldarono l'ambiente in modo tale da rendere quasi impossibile il mantenervisi.

11. - Sgombro dei detriti all'avanzata.
(Dopo lo sparo della mina per poter riattaccare la fronte colle perforatrici si sgomberano con febbrile attività le pietre).

Colla massima sollecitudine si impiantarono alcune pompe per l'estrazione dell'acqua (fig. 14) e si aumentarono gli apparecchi di refrigerazione dell'aria costituiti da getti e spruzzi di acque fredde (fig. 9). Così con duri stenti, in una temperatura tropicale si poterono superare circa 300 metri salendo e scendendo, ma mantenendosi sempre nella sezione della galleria. Ma alla fine di maggio 1904 la portata delle sorgenti termali di questa tratta raggiunse i 150 litri al minuto secondo, l'impianto delle pompe fu insufficente ad evacuarle completamente e l'impresa allora fu costretta a forare gli 860 metri che ancora rimanevano dal solo attacco di Isella, serrando le acque calde in fondo ai cunicoli con enormi porte di ferro (fig. 16).

Ma anche da Isella, alla progressiva 9140 s'incontrò pure acqua calda. Per tre mesi ogni lavoro rimase sospeso in attesa che fossero pronti i mezzi necessari per incanalare l'acqua e raffreddare l'aria. La temperatura di queste sorgenti termali è di ben 50 gradi! Anche i lavori di allargamento e delle murature si dovettero sospendere per parecchie settimane

per la elevata temperatura dell'aria. Ultimati gli impianti di difesa, si riprese la perforazione meccanica nel tunnel N. II e sorpassata la zona acquifera principale, con una traversa si rientrò nel tunnel N. 1 verso la fine del 1904. Il tratto del tunnel I che restò imperforato causa l'enorme quantità di acqua termale e la pessima natura dei terreni, venne poi fatto più tardi, attaccandolo dalle due parti.

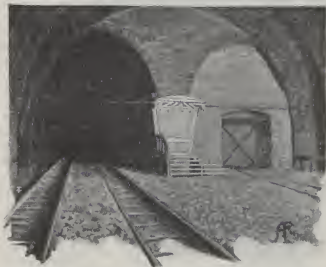
Girata così la situazione, il tunnel I procedette abbastanza velocemente, sebbene attraversasse ancora parecchie sorgenti calde. Finalmente il 24 Febbraio 1905 si abbattè l'ultimo diaframma, che separava i due attacchi, alla progressiva 9387 dall'imbocco di Isella. Il Sempione era vinto.

L'enorme quantità d'acqua immagazzinata nel cunicolo di Briga, chiuso da una doppia porta in ferro (esposta ora a Milano), coll'abbattimento del diaframma si riversò sul versante italiano, trascinando seco dei gaz deleterii tra cui, pare, dell'ossido di carbonio, che avvelenò più o meno tutti gli intervenuti alla solenne cerimonia dell'apertura, facendo anche tra di essi due vittime.

Alla fine del 1905 tutte le opere di scavo e muratura erano terminate e nel febbraio del 1906 anche la posa del binario era fatta, per modo che l'impresa consegnava alle Ferrovie Federali il tunnel, e così, terminati in maggio anche gl'impianti per la trazione elettrica, l'apertura del valico del Sempione al servizio pubblico fu resa possibile.

Il PADIGLIONE DEL SEMPIONE

ALL' ESPOSIZIONE DI MILANO

Il "Padiglione del Sempione„ ha per iscopo di popolarizzare in modo da rendere evidente la sua importanza la gloriosa intrapresa condotta a termine così rapidamente.

12. - La stazione di incrocio dei treni nel centro della grande Galleria.

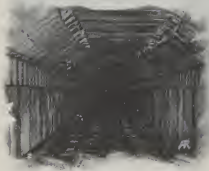
(Per una lunghezza di 500 metri i due tunnel furono ultimati e congiunti con due traverse oblique in modo da creare uno spazio d' incrocio pei treni. Tra il tunnel I. e il II. si vede il pulpito da cui il Vescovo di Sion benedisse il Tunnel nelle feste dopo la perforazione).

Esso si compone specialmente di *cinque saloni* in cui sono raccolti documenti di indole tecnica, pittoresca e storica risguardanti il tunnel e le vie d'accesso, di una *raffigura-*

zione plastica del tunnel stesso nelle sue successive trasformazioni, dall'attacco delle perforatrici al tunnel finito in ogni parte, e infine di una *esposizione del macchinario* speciale del Sempione. È un insieme organico, completato da un cinematografo in cui sono proiettate interessanti vedute, prese dal vero, dei cantieri esterni e dei lavori interni del tunnel.

I. - La raffigurazione dei due tunnel del Sempione

Non è una volgare imitazione, ma una raffigurazione minutamente fedele di altrettanti tratti di tunnel quanti i diversi stadi di avanzamento di lavoro, dal tunnel finito alla fronte di attacco, dalla tratta spingente, alle sorgenti e al *marinaggio.* Le roccie furono prese da calchi fatti pazientemente sul vero, i legnami, la ferramenta, le tubazioni, tutto il macchinario, sono gli stessi che furono in opera e in servizio al tunnel, dati cortesemente dall'Impresa Brandt, Brandau e C. e dalla Confederazione. La Confederazione Svizzera ha pure contribuito anche finanziariamente a questa riproduzione dei tunnel, che è riuscita certo assai soddisfacente e degna dell'attenzione del pubblico che ama il pittoresco, non meno di quella dei tecnici che vi troveranno per la perfetta fedeltà, insegnamenti pratici preziosi.

La tavola posta alla fine di questo opuscolo riporta — con numeri corrispondenti alle targhe apposte nel tunnel della Esposizione — le fasi più caratteristiche della costruzione, che si potranno riscontrare al vero nella raffigurazione e che qui sotto vengono sommariamente spiegate.

13. - Le armature di ferro nella "tratta spingente„

(La tratta spingente è riprodotta all'Esposizione con perfetta fedeltà e collo stesso materiale del Sempione ai numeri 18-20).

Tranne la lunghezza, limitata a circa 65 metri, ogni altra dimensione della galleria del Sempione è fedelmente mantenuta in questa raffigurazione. Il visitatore entrando nel *tunnel di destra detto N. I* vede una prima parte di *galleria terminata*, cioè completamente murata con pietrame. A sinistra

si nota un *canaletto* per lo scolo delle acque. A circa 50 centimetri dal suolo, nei *piedritti*, sono praticate le feritoie per dar sfogo alle acque che si infiltrano dietro le murature di rivestimento.

Segue il *cantiere della costruzione del volto*, ove si osservano alcune *centine metalliche*, appoggiate su *un ponte di servizio* in legname. Proseguendo, a sinistra si osserva una *nicchia di ricovero*. - Di queste se ne ha effettivamente al Sempione una ogni 50 metri. Continuando il percorso si vedono lateralmente le differenti *fasi della costruzione dei piedritti*, e le varie *armature dello scavo in piena sezione con 4, 3 e 2 longarine*.

14. - Macchinario per l'estrazione delle acque dal lato di Briga, nello scavo in contropendenza.

(Oltrepassato il vertice del gran tunnel in discesa da Briga verso Isella e per esportare le acque sorgenti, si fecero degli impianti speciali).

La *roccia* in parte è visibile e in parte nascosta da tavoloni sostenuti da longarine.

A circa 35 m. dall'imbocco, la sezione si restringe notevolmente ed in alto si nota un foro scavato nella roccia, che rappresenta *l'incontro di due cunicoli in calotta*, scavati cioè nella parte superiore del tunnel.

Si osserva quindi *l'attacco di un camino o fornello verticale* che dà accesso alla galleria di calotta.

Andando avanti notiamo a sinistra una galleria obliqua a quella che si percorre. Essa è una *galleria trasversale* o *traversa*, che mette in comunicazione tra loro le due gallerie principali. Di esse al Sempione se ne aveva una ogni 200 metri. In questa traversa ha origine il *tubo che porta l'aria di refrigerazione all'avanzata* per mezzo di aspirazione prodotta da un getto d'acqua compressa, derivata dalla *tubazione che porta l'acqua alle perforatrici*. Oltrepassata la traversa la sezione dello scavo si fa sempre più piccola, sino a che

si arriva al fondo del *cunicolo*, ove si osservano le *perforatrici* a rotazione Brandt, messe in movimento dall'acqua compressa.

Le perforatrici, in numero di due (al Sempione si lavorava con tre e talora con quattro) sono sostenute su una *colonna orizzontale*, la quale, per forza idraulica, espelle un maschio di stantuffo, che si appunta fortemente contro le pareti del cunicolo. La colonna è sostenuta da un *carrello* a quattro ruote posato sul *binario di servizio*, che ha 80 cent. di scartamento. Su questo binario allorchè i fori sono fatti e la colonna allentata, le perforatrici vengono portate indietro, in sicuro dallo scoppio delle mine.

La perforatrice Brandt è costituita da due parti principali, cioè dal *cilindro differenziale idraulico*, che porta il *fioretto perforatore* e dai *motorini idraulici* che imprimono a questo il movimento di rotazione. Il fioretto, compresso idraulicamente con gran forza contro la roccia, è, in sostanza, un vero trapano a tre denti, forato però nel centro della sua asta, in modo che l'acqua che agisce nei motorini (un litro circa al minuto secondo) può scaricarsi nel foro della mina lungo il tubo cavo che porta il fioretto e così si ottiene che questo non si riscaldi e che il foro di mina venga liberato dai detriti e dalla sabbia prodotti dal lavoro di trivellazione della roccia. I fori risultano del diametro di 8 centimetri.

15. - Due delle sorgenti fredde dal lato di Isella.

(Alcune sorgenti di più modeste portate sono imitate all'Esposizione all'avanzata del tunnel II).

La *fronte d'attacco* è costituita nel tunnel dell'Esposizione da un enorme blocco di calcare di Vicenza (Chiampo, ing. Guido Gianoli). Verrà rinnovato e sostituito, quando sarà completamente crivellato, da quelli che si osservano esternamente al tunnel.

Abbandonando la fronte d'attacco e piegando a sinistra, si entra in una *seconda traversa* tutta rivestita ed armata

con legname, il cui livello è più basso per ragioni costruttive locali. Essa conduce nel *tunnel parallelo* N. II, ove subito appaiono alla fronte d'attacco alcune *sorgenti di acqua fredda*, che scaturiscono dalla viva roccia a guisa di quelle incontrate al Sempione sul versante italiano. Sul suolo si vedono i detriti prodotti dall'*esplosione delle mine* e sul binario *due vagoncini* destinati al loro sgombero.

Percorrendo il tunnel II in senso inverso di quello seguito nel I ed oltrepassata la prima traversa, si osserva a sinistra il *canale di scolo* delle acque e sopra di esso un grosso *tubo*, che è quello portante *l'acqua* destinata al *raffreddamento dell'aria* Questo e i tubi che si osservano a destra sono rivestiti da una lamiera contenente pezzettini di carbone per mantenere bassa la temperatura dell'acqua, sistema di isolazione, che al Sempione diede ottimi risultati.

I *tubi* di destra, disposti uno sull' altro, figurano quelli che recano l'*acqua alle perforatrici* e agli *iniettori idraulici* per l' aspirazione dell' aria delle avanzate.

16. - La porta in ferro che trattenne le acque termali nel cunicolo di Briga.

(Questa porta è esposta a Milano nella tettoia dei Macchinario).

Anche in questo tunnel, nel quale al Sempione erano collocate tutte le tubazioni, si osserva a destra la *condotta di ventilazione* che si protende sin quasi all'avanzata.

Continuando il percorso si osservano alcune *armature in legname* seguite da una breve *tratta murata in piccola sezione*, di 8 mq., come effettivamente si aveva al Sempione nei terreni spingenti e franosi.

Segue la cosidetta *tratta dei terreni con forti pressioni* il cui cunicolo di base si presenta tutto armato con *travi di ferro* disposte in quadro e tenute assieme da bulloni e calcestruzzo. Si osservino le *deformazioni* subite da queste armature che sono quelle state adoperate al Sempione al

chm. 4.500 sul versante italiano, attraverso la faglia di terreni decomposti e con eccezionali pressioni di cui a pag. 12 di questo opuscolo. Lateralmente, inferiormente e superiormente a queste armature furono riprodotte le *varie fasi dell'allargamento* di questa tratta, il cui complesso costituisce un procedimento nuovo nell'arte di scavare le gallerie in terreni difficili. L'allargamento procedeva in questo modo:

S'incominciava ad aprire a destra ed a sinistra, tra i quadri metallici più distanziati, una breccia e si scendeva poco alla volta in basso, a scavare lo spazio destinato alla costruzione del cosidetto *arco rovescio* sotto il suolo della galleria. Terminato questo scavo subito veniva murato, cominciando dal basso, per passare alla costruzione dei *piedritti*. Lo spazio vuoto fra questi e i quadri metallici veniva riempito da una muratura provvisoria allo scopo di tenere in sesto i piedritti.

Terminata la muratura della parte inferiore della galleria, la quale all'arco rovescio ha uno spessore di circa m. 2 e ai piedritti di m. 1.70, si passava allo scavo ed al rivestimento della parte superiore ai quadri metallici, i quali formavano un solido sostegno a tutte le armature in legno dello scavo circostante.

Lo scavo *in calotta* si eseguiva allora in due fasi distinte. Dapprima si apriva una sezione atta a contenere le *centine in muratura* di m. 1 di spessore e di larghezza, le quali si appoggiavano sulle murature di riempimento comprese tra i piedritti definitivi e i quadri metallici. In seguito, sopra queste enormi centine, si scavava lo spazio destinato a ricevere il *volto definitivo*. Terminate le murature venivano demolite le centine, rimossi i quadri e distrutta la muratura compresa tra i quadri e i piedritti. Tutte le murature di cui qui si parla erano in pietra da taglio.

Qui all'Esposizione fu impossibile riprodurre fedelmente e cronologicamente tutto questo processo di costruzione, ma si cercò di sintetizzarlo e presentarlo al pubblico nel miglior modo possibile.

Uscendo dal cunicolo blindato si può osservare il *profilo terminato* stato adottato in questa breve tratta di terreni difficili, che al Sempione misura 42 m. lineari, e che costò circa un milione di lire italiane e sette mesi di lavoro penosissimo. Questo profilo ha una *sagoma quasi cilindrica* per resistere meglio alle pressioni, mentre quello normale è *ovoide a tre centri*.

Nel passaggio che figura scavato in roccia nelle vicinanze del portale, fra il Tunnel I e il II, tre grandi fabbriche di pro-

dotti esplosivi italiane e cioè la Società Anonima di esplodenti e prodotti chimici, la Società Italiana prodotti esplodenti e la Dinamite Nobel, espongono i loro prodotti (in fac-simile) in modo originale ed interessante. Nei tre tratti di detto cunicolo, ben distinte, si possono vedere le disposizioni delle mine, come si eseguivano al Sempione, al Gottardo e al Cenisio, l'accensione di tipi più comuni di cartucce, d'inneschi, di miccie, le camere da mina come si praticano nelle cave, ecc.

II. - Tettoia del Macchinario del Sempione.

Pompa Sulzer di 4 litri. — Questa pompa orizzontale è la più piccola di quelle che si avevano al Sempione. Essa comprime quattro litri d'acqua al minuto secondo a cento atmosfere, limitate qui all'Esposizione solo a 30, per semplificare il lavoro delle perforatrici. L'acqua compressa va alle perforatrici lungo un tubo d'acciaio di 100 mm. di diametro Dietro la pompa è collocato il *regolatore della pressione*, costituito da un cilindro differenziale idraulico portante un'enorme peso, regolato secondo la pressione che si vuole ottenere. La pompa è messa in movimento da un motore elettrico da 25 HP. dell'A. E. G. Thomson Houston.

Compressore d'aria (Burkhardt, Basilea). — Questo compressore viene pure dai cantieri di Isella; esso serviva come qui al funzionamento delle *locomotive ad aria compressa*. Qui all'Esposizione queste locomotive sono impiegate al traino di un trenino di divertimento dei bambini.

I *vagoncini* sono quelli della casa Arthur Koppel di Berlino, in servizio al Sempione, come il *binario* che qui forma un anello di 450 metri.

17. - Perforatrice semisommersa nelle acque termali.

La compressione dell'aria avviene in due fasi sino a raggiungere 75 atmosfere. Due serpentini d'acqua servono a raffreddare l'aria che comprimendosi emette grande quantità di calorico. Un motore di 50 HP. della A. E. G.

aziona il compressore. Apposita tubazione serve al caricamento delle *locomotive ad aria* (Lokomotiven und Maschinen Fabrick, Winterthur) Queste sono formate da un sistema di grossi tubi molto resistenti sovrapposti, dai quali l'aria passa nei cilindri motori, che trasmettono il movimento all'asse posteriore.

Ai piedi della parete della tettoia si vedono sei grandi tubi d'acciaio, che funzionano come *serbatoio d'aria compressa*. Sulle locomotive ad aria si osserva un cilindro entro il quale si ha un serpentino immerso in acqua riscaldata mediante vapore. In esso circola l'aria prima di scaricarsi nei cilindri, ciò per attenuare l'enorme raffreddamento che subirebbe nell'espansione e che danneggerebbe gli organi meccanici della locomotiva.

La *locomotiva a vapore* (Lokomotiven und Maschin Fabrick Winterthur) proveniente dal Sempione (che qui funziona come generatore appunto per il riscaldamento dell'aria compressa di cui si fece cenno poc'anzi) è di quelle fatte con forma speciale, adatta alla penetrazione nelle gallerie attraverso le basse e strette armature. Vicino a questa locomotiva si notano *due vagoni* (Arthur Koppel, Berlino) di cui uno del tipo pel trasporto degli operai e l'altro pel trasporto dei detriti e dei materiali dei cantieri d'allargamento.

Ancora sotto questa tettoia è esposta una *fresatrice,* che al Sempione serviva alla formazione dei denti dei fioretti perforatori, quando il lavoro dei fabbri non bastava.

In fondo alla tettoia funziona una *fucina* per la forgiatura e tempera dei perforatori.

Dopo la tettoia è esposto in apposito locale sotterraneo, un importante impianto (Fratelli Sulzer, Winterthur) di *pompe centrifughe* messe in movimento da un motore Dysel pel sollevamento dell'acqua dal sottosuolo, destinata alle sorgenti del tunnel II e agli altri servizi delle gallerie del Sempione.

Questo tipo di motore che funziona con residui di petrolio, presenta una interessante novità: l'accensione automatica ottenuta col calore stesso sviluppato dalla compressione dell'aria in apposito recipiente.

Le *trivellazioni del suolo* di cui una sinò a 60 metri di profondità fatte con tubi d'acciaio, per l'estrazione dell'acqua, vennero eseguite dalla ditta Piana di Badia Polesine.

Il progetto, la direzione e l'esecuzione di tutto l'impianto del tunnel del Sempione, venne affidato dal Comitato della Esposizione agli ingegneri Lanino e Scheidler già addetti ai lavori del traforo del Sempione presso la Ditta Brandt, Brandau e C.

III. - Le sale centrali del Padiglione.

Tra i due tunnel raffigurati all'Esposizione sono costruiti cinque saloni ove stanno documenti molto interessanti della grande opera del traforo.

Nella prima sala alcune grandi *targhe* disposte sulle pareti, portano incisi alcuni *dati comparativi* dei tre maggiori tunnel alpini, Cenisio, Gottardo e Sempione.

L'esame di questi mostra quale maggiore importanza ebbe il Sempione.

Una *perforatrice Sommeiller*, adoperata al Cenisio, ed una *Ferroux* adoperata al Gottardo, completano questa mostra retrospettiva.

La seconda sala è tutta occupata da disegni, quadri statistici, fotografie, ecc. dell'impresa *Brandt, Brandau & C.*, e della ditta *Fratelli Sulzer di Winterthur*, la quale fornì gran parte del macchinario all'impresa costruttrice del Sempione, come le pompe, le perforatrici, i ventilatori, ecc.

Nel terzo salone l'occhio del visitatore è attirato da uno splendido *Plastico* raffigurante la zona italofrancosvizzera più prossima al Sempione.

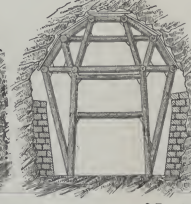
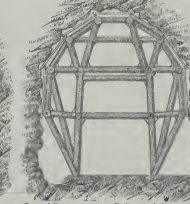
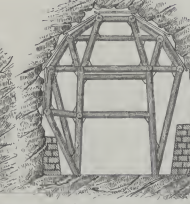
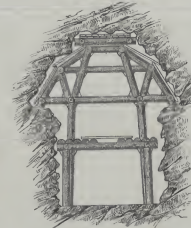
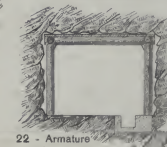
È un pazientissimo e pregevolissimo lavoro, di vero valore scientifico, essendone il rilievo ottenuto col rispetto di tutte le curve di livello delle carte più accreditate. È opera dell'Ing. Alberico Stragliati ben noto per questo genere di rilievi, coadiuvato da suo figlio ing. Attilio, e fu costruito per conto del Comitato Esecutivo dell'Esposizione. Indipendentemente dall'effetto pittorico notevole di questo grande plastico, lo si deve considerare come un capo d'opera topografico, sopratutto nei riguardi dell'orografia. L'ossatura delle Alpi, l'andamento delle linee d'accesso al Sempione, il loro orientamento tra quelle concorrenti del Cenisio e del Gottardo, le future linee di completamento della Faucille e del Lötschberg, il collegamento di Torino al Sempione e di Milano alle Alpi, il campo d'azione degli splughisti e quello dei fautori della Greina, si possono esaminare assai bene in questo plastico monumentale, che è forse il più grande di quanti ne furono fin qui costruiti cogli intendimenti di precisione accennati.

Nel salone vi sono altre mostre, di cui una importante per la storia: l'archivio o almeno la parte più interessante dell'archivio del Comitato del Sempione, il benemerito propagandista del traforo in Italia, espositore il presidente depositario Conte Giberto Borromeo.

Una parte è occupata dall'*Istituto Geologico Italiano*, sedente in Roma, colla dimostrazione di lavori importantissimi,

quali sezioni geologiche, carte speciali, rilievi dimostranti la natura superficiale dei terreni della zona del Sempione, ecc. Il Prof. Stella ordinò con grande amore questa esposizione che condensa in piccolo spazio anni ed anni di lavoro paziente.

Il quarto salone è riservato alla mostra del Sempione fatta dalla *Confederazione Svizzera,* mostra assai interessante perchè riassume studi, lavori, dati diversi. La natura del presente opuscolo non permette di entrare in dettagli esplicativi che si dirigerebbero in modo speciale a tecnici e studiosi.

L'ultima sala infine conta un altro grande plastico in scala 1:10.000 che occupa il centro della stessa. Fu costruito per conto del Comitato Esecutivo dagli stessi ingegneri Stragliati Alberico e Attilio che fecero l'altro al 50.000 della terza sala. Rappresenta il terreno fra Briga e Domodossola con tale evidenza da dare l'illusione della verità. Inutile il dire che il pittoresco della rappresentazione è parte secondaria, merito principalissimo è l'esattezza miticolosa che permette di farsi un concetto anche dell'opportunità del tracciato scelto pel tunnel.

ESPOSIZIONE DI MILANO 1906
PROFILI TRASVERSALI DELLA RIPRODUZIONE DEI TUNNEL DEL SEMPIONE
nicchia
1 - Galleria finita
2 - Volto armato
3-4 - Costruzione del volto
5 - Costruzione murette e nicchia
6-7 - Costruzione piedritti
8 - Allargamento finito a 4 longarine
9 - Armature definitive - 3 longarine
10 - Armature definitive - 3 longarine
11 - Armature provvisorie 3 longarine
12 - Idem a 2 longarine
13 - Idem a 1 longarina
14 - Cunicolo di base
15 - Fornello
16 - Cunicolo di base e calotta
17 - Profilo d'avanzamento
18 - Profilo parte spingente e costruzione volto
19 - Costruzione arco rovescio e allargamento archi centine
20 - Costruzione piedritti e cunicolo superiore
21 - Rivestimento in muratura e canale di scolo
22 - Armature in legname
Scala
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Metri
Numeri progressivi corrispondenti ai numeri delle targhette esplicative affisse nei due Tunnel